Gerak Harmonik

A. HUKUM HOOKE

- **Elastisitas** adalah kemampuan benda untuk kembali ke keadaan awal segera setelah gaya luar yang diberikan pada benda hilang.
- **Elastisitas** membuat benda mengalami tegangan dan regangan.
- **Tegangan** dapat dirumuskan:

$\sigma = \dfrac{F}{A}$	σ = tegangan (Pa) F = gaya tarik (N) A = luas penampang (m²)

- **Regangan** dapat dirumuskan:

$e = \dfrac{\Delta L}{L_0}$	e = regangan ΔL = pertambahan panjang (m) L_0 = panjang mula-mula (m)

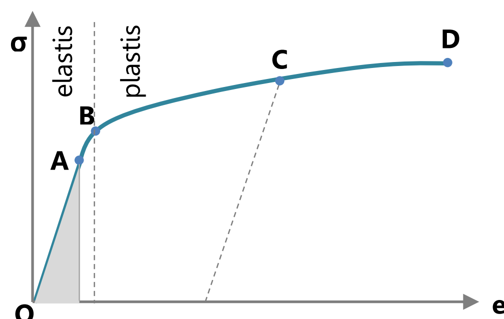
- **Modulus elastis** (modulus Young) didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan dan regangan yang dialami benda.

$E = \dfrac{\sigma}{e}$	E = modulus elastis (Pa) σ = tegangan (Pa) e = regangan

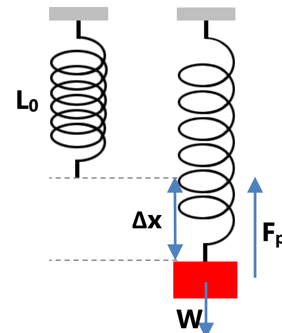
- **Hukum Hooke** menjelaskan bahwa:

> **Elastisitas benda** hanya berlaku sampai suatu batas yaitu **batas elastisitas.**

- **Grafik tegangan terhadap regangan** untuk menjelaskan hukum Hooke:



1) **Masa deformasi elastis** adalah perubahan yang dapat kembali ke bentuk semula.
2) **Masa deformasi plastis** adalah perubahan yang tidak dapat berubah kembali ke bentuk semula.
3) **Grafik OA** menunjukkan **berlakunya hukum Hooke**, titik A adalah batas berlakunya hukum Hooke.
4) **Titik B** adalah **batas elastis** benda.
5) **Titik C** adalah **tegangan maksimum**, benda mengalami perubahan bentuk secara permanen.
6) **Titik D** adalah **titik patah**, benda akan patah/putus jika tegangan yang diberikan sampai ke titik tersebut.



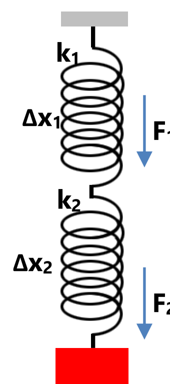
- **Gaya elastisitas/pegas** adalah gaya yang mengembalikan pegas agar kembali ke bentuk semula setelah meregang/menekan.
- **Gaya pegas** berlawanan arah dengan gaya berat dan pertambahan panjang, dapat dirumuskan:

$F = k.\Delta x$	F = gaya elastisitas/pegas (N) k = tetapan pegas (N/m) Δx = pertambahan panjang (m)

- **Tetapan pegas** dapat ditentukan melalui persamaan berikut:

$k = \dfrac{A.E}{L_0}$	$k = \dfrac{F}{\Delta x}$	A = luas penampang (m²) E = modulus elastis (Pa) L_0 = panjang mula-mula (m)

- **Menurut hukum Hooke**, susunan seri dan paralel pegas dapat diganti dengan pegas pengganti.
- **Pada susunan seri pegas** berlaku hal berikut:

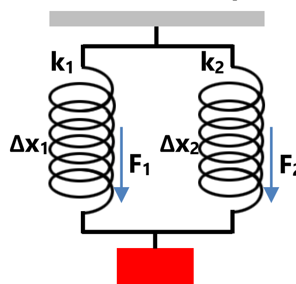


$$F_s = F_1 = F_2 = \ldots$$

$$\Delta x_s = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \ldots$$

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \ldots$$

- **Pada susunan paralel pegas** berlaku hal berikut:



$$F_p = F_1 + F_2 + \ldots$$

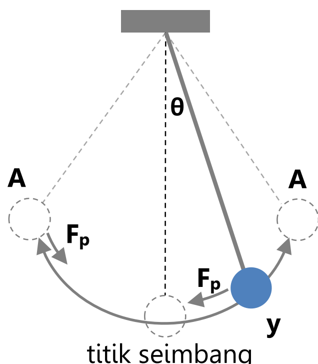
$$\Delta x_p = \Delta x_1 = \Delta x_2 = \ldots$$

$$k_p = k_1 + k_2 + \ldots + k_n$$



B. GERAK HARMONIK

- **Gerak harmonik** adalah gerak bolak-balik benda yang terjadi di sekitar titik keseimbangan.



1) **Titik seimbang** adalah posisi awal benda dan benda dalam keadaan diam.
2) **Simpangan (y)** adalah posisi benda saat sedang melakukan gerak harmonik dengan **sudut fase (θ)** terhadap titik seimbang.
3) **Amplitudo (A)** adalah simpangan maksimum benda.
4) **Gaya pemulih (F_p)** adalah **gaya pegas**, yaitu gaya yang mengembalikan benda ke posisi semula (titik seimbang).

- **Persamaan simpangan** gerakan harmonik sederhana merupakan fungsi terhadap waktu:

$$y = A.\sin(\theta + \theta_0)$$

$$\theta = 2\pi f t = \frac{2\pi t}{T} = \omega.t$$

ω = frekuensi sudut (rad/s)
f = frekuensi (Hz)
T = periode (s)

- **Simpangan maksimum benda** atau amplitudo terjadi apabila nilai $\sin\theta = 1$.
- **Fase getaran (φ)** adalah sudut fase yang ditempuh tiap satu putaran.

$$\varphi = \frac{t}{T} + \frac{\theta_0}{2\pi}$$

t = waktu (s)
T = periode (s)

- **Sudut fase (θ)** adalah sudut yang ditempuh benda saat bergetar dalam fungsi sinus.

$$\theta = 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{\theta_0}{2\pi}\right)$$

- **Beda fase (Δφ)** adalah selisih antara satu fase dengan fase lain.

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 \qquad \Delta\varphi = \frac{t_2 - t_1}{T}$$

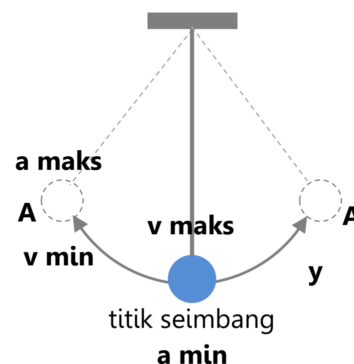
- **Nilai beda fase** berkisar antara nol sampai satu, dengan nilai bilangan bulat diabaikan.
- **Dua fase** dikatakan sefase apabila beda fasenya nol, dan dikatakan berlawanan apabila beda fasenya setengah.
- **Kecepatan gerak harmonik** merupakan turunan pertama persamaan simpangan, dapat dirumuskan:

$$y' = v \qquad v = \omega.A.\cos\omega.t \qquad v = \omega\sqrt{A^2 - y^2}$$

- **Percepatan gerak harmonik** merupakan turunan pertama persamaan kecepatan dan turunan kedua persamaan simpangan, dapat dirumuskan:

$$y'' = v' = a \qquad a = \omega.A(-\omega.\sin\omega.t)$$

- **Nilai kecepatan dan percepatan** pada gerak harmonik:



1) **Kecepatan maksimum** benda terjadi pada saat cos ω.t = 1, dapat dirumuskan:

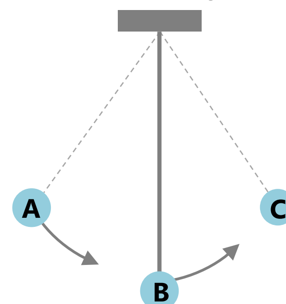
$$v_{maks} = \omega.A$$

2) **Percepatan maksimum** benda terjadi pada saat sin ω.t = 1, dapat dirumuskan:

$$a_{maks} = -\omega^2.A$$

C. PERIODE DAN FREKUENSI GERAK HARMONIK

- **Periode dan frekuensi** gerak harmonik sederhana didefinisikan sebagai:



1) **Periode getaran** adalah waktu yang diperlukan benda untuk melakukan satu getaran.



Satu getaran didefinisikan sebagai gerak benda secara harmonik dari titik awal ke titik awal kembali melalui titik keseimbangan.

Contoh: Satu getaran adalah,

Dimulai dari A : A-B-C-B-A

Dimulai dari B : B-C-B-A-B atau B-A-B-C-B

Dimulai dari C : C-B-A-B-C

2) **Frekuensi getaran** adalah banyak getaran yang dapat dilakukan dalam waktu tertentu.

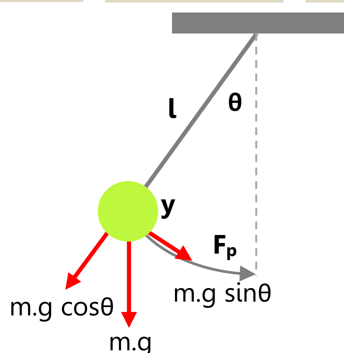
3) **Frekuensi sudut** adalah besar sudut yang terbentuk pada gerak dalam waktu tertentu.

- **Persamaan** yang berlaku pada pegas:

$F_p = -m.\omega^2.y$ $\quad$ $k = m.\omega^2$

- **Periode, frekuensi dan frekuensi sudut** pegas:

Periode	Frekuensi	Frekuensi sudut
$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$	$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$



- **Persamaan** yang berlaku pada bandul:

$F_p = m.g.\sin\theta$ $\quad$ $\sin\theta = \sqrt{\frac{y}{l}}$

- **Periode, frekuensi dan frekuensi sudut** bandul:

Periode	Frekuensi	Frekuensi sudut
$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$	$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}$	$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$

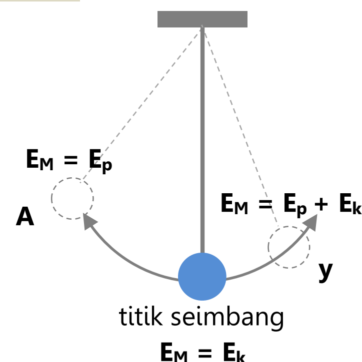
D. KEKEKALAN ENERGI MEKANIK PADA GERAK HARMONIK

- **Energi potensial** adalah energi yang terdapat pada benda ketika berada di sekitar titik keseimbangan.

$E_p = \frac{1}{2}F.y$ $\quad$ $E_p = \frac{1}{2}k.(A.\sin\omega t)^2$

- **Energi kinetik** adalah energi yang terdapat pada benda karena adanya kecepatan atau pergerakan dan massa.

$E_k = \frac{1}{2}m.v^2$ $\quad$ $E_k = \frac{1}{2}k.(A.\cos\omega t)^2$



- **Energi getaran/mekanik** adalah penjumlahan dari energi potensial dan energi kinetik.

$E_M = E_p + E_k$ $\quad$ $E_M = \frac{1}{2}k.A^2$

1) **Energi getaran** bernilai sama dengan **energi potensial** ketika berada pada simpangan terjauh (amplitudo).

2) **Energi getaran** bernilai sama dengan **energi kinetik** ketika berada pada titik keseimbangan, yaitu kecepatan maksimum.

